Aus der
II. medizinischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Professor Dr. Schittenhelm.

Experimentelle Beiträge zum psycho-galvanischen Reflex-Phänomen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

Eberhard Heyd
Stuttgart.

1938
Bernhard Sporn Verlag Zeulenroda

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Referent: Privatdozent Dr. Reuter.

Korreferent: Prof. Dr. Schittenhelm.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554005_0108

Einleitung.

Das psychogalvanische Reflexphänomen geht auf Féré zurück, der es im Jahre 1888 zum erstenmal beobachtete (der Name stammt von Veraguth). Seither haben viele Physiologen und Kliniker versucht, für das Phänomen eine Erklärung zu finden. Es handelt sich beim psycho-galvanischen Reflex (p.g.R.) nicht etwa um eine Umsetzung von psychischer Tätigkeit in galvanische Energie, sondern um die Variation eines durch den menschlichen Körpers geleiteten Stromes durch sensorielle und psychische Reize. Das Erfolgsorgan des Reflexes liegt in der Haut der palma manus und planta pedis. Aber was es nun genauer ist, wodurch der Reflex in Erscheinung tritt, darüber gehen m. W. bis heute die Meinungen auseinander.

Zu dieser Frage einige experimentelle Beiträge zu liefern, war nicht der Hauptzweck dieser Arbeit. Vielmehr ging es uns darum zu prüfen, ob wir im p.g.R. ein Mittel in die Hand bekommen, durch das wir die Erregbarkeit des Nervensystems und einzelner Teile objektiv bestimmen können.

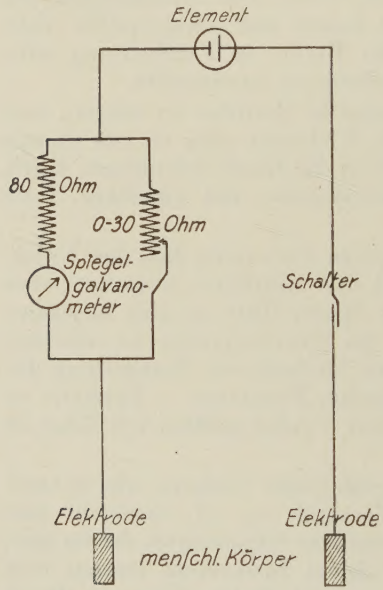
Erstens könnten wir das Phänomen verwerten bei der Untersuchung auf Simulation von Taubheit und Blindheit, besonders aber von Anaesthesien. Zweitens wäre mit dessen Hilfe an eine objektive Beurteilung der Organkonstitution des Nervensystems zu denken. Drittens hätten wir in dem Reflex eine Methode zur Feststellung der Wirkungsweise gewisser pharmakologischer Präparate. — Letzteres zu untersuchen war das Ziel unserer Arbeit. Leider mußten wir dabei in den Anfängen abbrechen.

Die Verwertung des p.g.R. für gerichtliche Verhöre, wie es auch schon diskutiert wurde (Sticker, Veraguth u. a.), erscheint uns abwegig, denn der Mensch ist ein lebendiger Organismus, dessen psychische Schwankungen wir nie mit einem Instrument messen und zahlenmäßig zu Papier bringen können und dürfen. Wenn in dieser Arbeit trotzdem teilweise in dieser Richtung gegangen wurde, so geschah dies nicht, um auf mechanischem Wege Tiefenpsychologie zu treiben, sondern lediglich im Interesse der gesamten Arbeit.

I. Teil.

a) Versuchsanordnung.

Ein galvanischer Strom von etwa 2,4 Volt Spannung wurde durch den menschlichen Körper geleitet. Die relative Stromstärke gab ein Spiegelgalvanometer an, das möglichst erschütterungsfrei aufgestellt war. Da der vom Element gespendete Strom für das Meßinstrument zu stark war, bedienten wir uns eines Widerstandes von 80 Ohm, der dem Galvanometer vorgeschaltet wurde. Im Nebenschluß zum Spiegelgalvanometer stand ein Schiebewiderstand von 0 bis 30 Ohm, der es ermöglichte die Größe des durch das Meßinstrument fließenden Stromes zu verändern, so daß zu Beginn jedes Versuches der Zeiger des Instrumentes auf eine bestimmte Marke der Skala gestellt werden konnte. Durch diese Versuchsanordnung messen wir nur die relative Stromstärke, d. h. Änderungen der Stromstärke innerhalb eines Versuches. Es muß hier zu Anfang gleich ausdrücklich bemerkt werden, daß gleiche Zahlenwerte in verschiedenen Versuchen nicht unbedingt gleich große Stromstärke bedeuten. Wie schon erwähnt, stellten wir immer zu Anfang eines Versuches den Zeiger durch Veränderung des Widerstandes im Nebenschluß auf eine bestimmte Marke der Skala. Dadurch wurde natürlich jedesmal das Verhältnis des Stromdurchgangs durch Haupt- und Nebenschluß verschoben. Dies geschah aus technischen Gründen (s. u.). So mußten wir auch darauf verzichten, absolut vergleichbare Werte zu erhalten. Immerhin wurde angerebt, wenigstens innerhalb einer Versuchsreihe das Verhältnis der Widerstände zu belassen, was umso leichter möglich war als der Widerstand — sagen wir einmal



summarisch — ein und derselben Versuchsperson in der kurzen Zeitspanne einer Versuchsreihe doch nur geringen Schwankungen unterworfen war. Aufs Ganze gesehen darf gesagt werden, daß dieser Mangel des Fehlens von absolut vergleichbaren Werten das Ergebnis dieser Arbeit in keiner Weise beeinflußt, da ja die Veränderung der Stromstärke, auf deren Messung es uns nur ankam, im Verhältnis zur Gesamtstromstärke, die vom Instrument angezeigt wurde, nur einen sehr geringen Bruchteil ausmachte.

Um den Ausschlag des Spiegelgalvanometers zu messen, wurde das Licht einer Glühlampe auf den Spiegel geworfen und, von diesem reflektiert, auf einem in 1 Meter Abstand davon entfernten Streifen durchsichtigen Papiers aufgefangen. Dieser war auf 2 Walzen aufgewickelt, die über bzw. unter der Tischkante angebracht waren, und von denen die untere durch ein Uhrwerk rotiert wurde. Das Papier bewegte sich also in vertikaler Richtung, der Lichtzeiger in horizontaler. Indem man nun die Ausschläge des Lichtzeigers mittels eines Schreibstiftes verfolgte, konnte man die zu messenden Stromveränderungen direkt in einer Kurve darstellen. Diese Anordnung hat große Vorteile gegenüber der von den meisten Autoren geübten Skalenablesung, aber — wie bereits erwähnt — auch gewisse Nachteile. Dadurch, daß an einem Rande des Papierstreifens eine Zeitschreibung angebracht wurde, am andern ein Schreiber zur Markierung von Reizen (s. u.), der mittels eines Elektromagneten bedient wurde, konnten die Versuche denkbar mühelos und zugleich mit großer Genauigkeit durchgeführt werden.

Bei der Wahl der Elektroden und deren Applikationsstellen konnten wir uns in der strengen Verfolgung des Zieles dieser Arbeit nicht auf alle die — sehr interessanten — Versuche einlassen, die nötig gewesen wären. Vielmehr haben wir die experimentellen Ergebnisse, über die in den bisher erschienenen Arbeiten Einigkeit herrschte, als Voraussetzung übernommen.

Versuche von Veraguth und H. Müller haben gezeigt, daß das Erfolgsorgan des Reflexes in die Haut der Hohlhand und der Fußsohle zu lokalisieren ist. Beim Auflegen der Elektroden auf andere Körperstellen als diese blieb der Reflex aus. Von dieser Tatsache konnten wir uns durch entsprechende Versuche selbst überzeugen. Daß es aber nun gerade die Haut ist, die den Reflex ergibt, zeigte H. Müller durch Einführen zweier subepidermoidaler Nadelelektroden, wobei auf einen Reiz keine Reaktion erfolgte, außerdem Veraguth mit einer subpalmaren Nadelelektrode und einer direkt darüber angelegten zweiten Elektrode, wobei ein Ausschlag auftrat. Diese einwandfreien Ergebnisse veranlaßten uns, unsere Versuche gleich mit dem Anlegen der Elektroden auf die vola manus zu beginnen.

Als Elektroden benutzten wir anfänglich Kupferplatten, auf die die Versuchsperson (V.-P.) ihre Hände zu legen hatte. Die Ergebnisse

waren aber so, daß wir an ihrer Exaktheit zweifeln mußten. Unser Ziel war ja, solche Versuchsbedingungen herzustellen, die uns dazu berechtigten, die Zeigerausschläge am Galvanometer im Verlauf eines Versuchs lediglich auf Entstehung elektromotorischer Kraft oder Veränderung des Widerstandes innerhalb des menschlichen Körpers zurückzuführen. Bei Metallelektroden mußten wir aber damit rechnen, daß die Berührungsfläche mit der Haut durch verschieden starkes Andrücken dauernden Schwankungen unterworfen war (Sommer). Ebenso mußten wir berücksichtigen, daß zwischen der stets feuchten Hautoberfläche und der Metallelektrode Ströme entstehen, die sehr veränderlich sind, vor allem durch die dauernd wechselnde Feuchtigkeit der Hautoberfläche. (Sommer glaubt, damit das „Phänomen" überhaupt erklären zu können.)

Aus diesen Gründen wählten wir Flüssigkeitselektroden. Aber auch bei diesen konnte die Entstehung von unerwünschten Strömen nicht in jedem Falle ausgeschlossen werden. Nur bei Verwendung eines Metalls und seines Salzes — wir verwendeten Kupfer und Kupfersulfat — konnte praktisch damit gerechnet werden, daß keine solchen Polarisationsströme entstanden.

Die V.-P. legte ihre Hände in zwei zu beiden Seiten aufgestellte Tongefäße, die mit einer schwachen, etwa physiologischen Kochsalzlösung gefüllt waren, derart, daß nur die Handinnenflächen benetzt wurden. Die beiden Tongefäße wiederum standen in mit Kupfersulfatlösung gefüllten Kupfergefäßen, die an die Drahtenden angeschlossen waren. Durch diese Versuchsanordnung war erreicht, daß der Druck (und damit die Berührungsflächen) beiderseits gleich groß und vor allem annähernd konstant blieben.

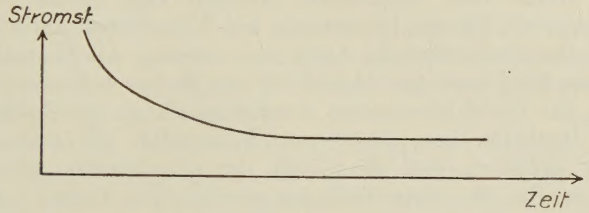
Daß Temperatur- und Konzentrationsveränderungen der Flüssigkeit keinen sichtbaren Einfluß auf die Stromstärke haben, hat H. Müller durch seine Versuche gezeigt. Ebenso spielt, wie seine Versuche zeigten, der Fettgehalt bzw. die Benässung der Hautoberfläche, wie auch die durch unwillkürliche, von der V.-P. ausgeführte Bewegungen verursachte Vergrößerung oder Verkleinerung der umspülten Oberfläche nur eine ganz geringe Rolle, so daß wir berechtigt waren, diese etwaigen Fehlerquellen zu vernachlässigen.

Die Versuche selbst wurden immer unter den gleichen Bedingungen durchgeführt, fast durchweg in den späten Nachmittagsstunden. Die V.-P. befand sich in bequemer horizontaler Lage in einer Zelle, in der sie von optischen und akustischen Reizen der Außenwelt so gut wie getrennt war. Aufzeichnungsgeräte usw. befanden sich außerhalb der Zelle. In der Zelle selbst war noch eine elektrische Klingel und eine Hupe, die als akustische Reize für die V.-P. dienten (s. u.). Für Versuche mit komplizierten psychischen Reizen, d. h. für Assoziationsversuche, wurde die Tür der Zelle offen gelassen.

Im Folgenden sollen nun einige, bei den Versuchen entstandene Kurven angeführt werden, die aus einer großen Anzahl von Versuchen ausgewählt sind (vgl. dazu die im Anhang dargestellten Kurven).

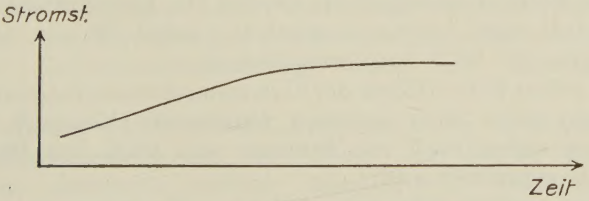
b) Ruhekurven.

Das Phaenomen der Ruhekurve soll nur kurz berührt werden. Wir schickten fast jedem Versuch die Aufzeichnung einer Ruhekurve voraus. Dabei wurde beobachtet, daß sich die Stromstärke in ganz typischer Weise verändert. Bei Anlegen der Elektroden auf die Handfläche ergab sich etwa folgende Kurve:



Die Stromstärke nahm zuerst rasch ab, dann allmählich langsamer, um schließlich konstant zu bleiben. Nach Öffnen des Stromkreises und abermaligem Schließen ergab sich wiederum dieselbe Kurve. Die Konstanz der Stromstärke war jeweils nach etwa 5 Minuten erreicht. Wir erhielten bei allen Versuchen denselben Typus der Ruhekurve (mit einer Ausnahme, s. Versuch VIII.), der auch von andern als der häufigste bezeichnet wird (Reduc, Veraguth, H. Müller).

In andern Versuchen legten wir die Elektroden an den Ellbogen an, wobei sich folgende Kurve ergab:



Die Stromstärke nahm im Verlauf des Versuchs langsam an Intensität zu, bis sie auch hier schließlich konstant blieb. Auch beim Anlegen der Elektroden auf die Handrücken zeigte sich eine Zunahme der Stromstärke. Wir dürfen also annehmen, daß die Handflächen (und Fußsohlen) eine Ausnahmestellung einnehmen (s. auch Abschn. IIa).

c) Reizkurven.

Ist die V.-P. nicht sich selbst überlassen, sondern werden ihr Reize appliziert, so beobachten wir eine typische Veränderung der Stromintensität, und zwar im Sinne einer Zunahme. Wir teilen die Reize nach Veraguth ein in

1. sensorische Reize (Klingel, Hupe usw.)
2. komplizierte psychische Reize (Assoziationsversuch)
3. autochthone psychische Reize (Denkprozesse).

Diese drei verschiedenen Arten von Reizen geben uns ein Bild davon, welche Schwierigkeiten sich uns entgegenstellen bei der Beurteilung einer Reizkurve. Sensorische Reize können wir auf der Kurve markieren (ihre Art, Dauer, Intensität). Aber das, was die V.-P. bei einem Reiz empfindet, entzieht sich schon weitgehend unserer Kenntnis. Ebenso ist es meist bei der zweiten Art von Reizen, bei dem Assoziationsversuch. Auch hier können wir bestenfalls noch ein unklares Bild von der Aktualität des Reizes bekommen — und außer von der Gefühlsbetonung des Reizes hängt die Größe der galvanischen Reaktion von dieser ab (Veraguth). (Wir könnten also umgekehrt schließen, daß die Größe der galvanischen Reaktion ein Indikator ist für die Aktualität des psychischen Reizes.) Die dritte Art von Reizen, die autochthonen Reize, müssen uns vollends verschlossen bleiben.

Es muß also von vornherein damit gerechnet werden, daß auch bei der einfachsten Art von Reizen (1) keine regelmäßigen Kurven entstehen. Dieser Umstand wird naturgemäß die Erforschung des p.g.R.ph. wesentlich erschweren. Andererseits wird er uns aber ein Mittel in die Hand geben, durch Medikamente, die fördernd oder hemmend auf die assoziativen Vorgänge im Großhirn wirken, das Phänomen, wenigstens soweit es mit diesen Vorgängen zusammenhängt, näher zu betrachten (s. II b).

Ehe wir uns damit beschäftigen, sollen zum besseren Verständnis noch einige Reizkurven angeführt werden. Die Intensitätszunahme des Stromes wird dabei in mm angegeben (wobei 50 mm etwa einer Zunahme von 33×10^{-9} Amp. entsprechen).

Nach jedem Reiz erfolgte der Galvanometerausschlag nicht sofort, sondern erst nach einer gewissen Latenzzeit (Veraguth, Müller), deren Dauer später noch von Interesse sein wird. Der Reflexbogen setzt sich ja zusammen aus

1. einem zentripetalen Schenkel (vom Rezeptionsorgan bis zum Großhirn),
2. einem Scheitel (Umschaltung im Großhirn),
3. einem zentrifugalen Schenkel (vom Großhirn bis zum Erfolgsorgan in der Haut der Hand).

So gibt uns die Länge ein Bild von dem augenblicklichen Zustand der

Umschaltstelle und des Erfolgsorgans, wenn wir voraussetzen dürfen, daß das Rezeptionsorgan und die Nervenleitung nicht geschädigt sind. Die Länge der Einwirkung des Reizes spielt nach unseren Erfahrungen für die Latenzzeit wie für die Intensität der Reaktion keine Rolle. Wir haben deshalb auch darauf verzichtet, sie bei der Darstellung der Kurven miteinzutragen.

Versuch I.: Versuchsanordnung wie oben angeführt. V.-P.: P, junge Ärztin.

Reiz	Latenzzt.	Vorschwankung*	Amplitude der Hauptschwankung	Nachschwankung*
1. Klingel	3″	—	60 mm	—
2. Hupe	3″	8 mm	44 „	13 mm
3. Klingel	2″	—	65 „	—

*Während die Amplituden der Hauptschwankungen immer von der Basis bis zur Spitze gemessen werden, wird die Höhe der Vor- und Nachschwankungen von derjenigen Basis derselben gemessen, die der Hauptschwankung zugekehrt liegt.

Über diese Vor- und Nachschwankungen sei hier ein kurzer historischer Rückblick gestattet. Veraguth erklärt diese diphasische Reaktion als eine wahre „excitatorische Welle" mit gleichem, oft aber auch entgegengesetztem elektrischen Vorzeichen („negative" Vorschwankungen; Sticker). Letztere treten selten auf — wir konnten sie bei unseren Versuchen nie beobachten —, nur dann, wenn ein Schnelligkeitsunterschied der beiden Wellen vorhanden sei. Meist werde die eine Welle von der andern resorbiert. Veraguth glaubt, damit eine Erklärung zu finden für die großen Unterschiede in der Latenzzeit. Es entstehe ein Kampf der entgegengesetzten Drehung des Galvanometerspiegels mit einem temporären Stillstand als Resultante. Diese Zeit soll einen Teil der Latenzzeit ausmachen. Bei einer negativen Vorschwankung wäre also die Latenzzeit kürzer. Durch diese Hypothese werden wir bei der Beurteilung der Latenzzeit zur Vorsicht gemahnt. — Sticker erklärt nach seiner Vasomotorentheorie die „negativen" Vorschwankungen durch eine Dilatation, umgekehrt die „positiven" Galvanometerausschläge durch eine Kontraktion der Gefäße.

Nach diesem wollen wir zu der Betrachtung der Kurve zurückkehren. Beachtenswert ist die Form der Kurve als Ganzes. Wir haben durchweg raschen Anstieg und langsamen Abfall Nach Veraguth ist dies die typische Form einer Reizkurve, während die sog. Erwartungskurven (Tarchanoff) langsamen Anstieg und langsamen Abfall und im Ganzen einen flacheren Verlauf zeigen. Von Interesse sind weiterhin noch die Gipfel der einzelnen Erhebungen. Ausgesprochen mehrgipflige Kurven, wie sie Veraguth beschrieb und auf besonders intensive Reize zurückführte (vgl. die Erhebung in

Kurve III. nach dem 5. Reiz), haben wir bei diesem Versuch nicht, sondern nur geringe Andeutungen davon nach Art einer Dikrotie.

Versuch II.: V.-P.: K, Student. Dem Versuch wurde die Aufzeichnung einer Ruhekurve vorausgeschickt. Erst als die Stromstärke konstant blieb, wurden in größeren Zeitabständen 3 Klingel- bzw. Hupensignale gegeben, die zu Ausschlägen von 85, 38 (Hupe) und 120 mm führten (in Kurve IX. wiedergegeben). Dann wurden in rascher Folge Klingelreize gesetzt, deren Reaktion aus der Kurve und der zahlenmäßigen Wiedergabe in nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

	Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1.	Klingel	2″	48 mm
2.	„	2″	49 „
3.	„	2″	38 „
4.	„	3″	29 „
5.	„	2″	37 „
6.	„	3″	18 „
7.	„	2″	29 „
8.	„	2″	16 „
9.	„	1″	16 „
10.	„	2″	29 „
11.	„	2″	28 „
12.	„	2″	3 „
13.	„	3″	4 „
14.	„	3″	31 „
15.	„	2″	3 „
16.	„	2″	6 „
17.	„	1″	20 „
18.	„	2″	9 „
19.	„	2″	7 „
20.	„	2″	15 „
21.	„	2″	19 „
22.	Hupe	3″	40 „
23.	Klingel	3″	11 „
24.	„	2″	11 „

Die Form der einzelnen Ausschläge ist fast durchweg dieselbe: rascher Anstieg und etwas langsamerer Abfall. Vor- und Nachschwankungen konnten keine auftreten, da ja die Reize so rasch aufeinander folgten. Betrachten wir die Größe der Amplituden, so bemerken wir deutlich ihre Tendenz, im Laufe des Versuchs kleiner zu werden (Tarchanoff, Veraguth). Dies ist sehr einfach zu erklären: Die V.-P. gewöhnte sich an den Reiz. Dieser Umstand läßt sich theoretisch in 2 Komponenten zerlegen: 1. Der Reiz ist für die V.-P. am Anfang des Versuches gefühlsbetonter als gegen Ende, d. h. — anders ausgedrückt — die Reizschwelle im Großhirn nimmt im Verlauf eines Versuchs an

Höhe zu. 2. Der p.g.R. hat gleichsam keine Zeit, sich zu „erholen", d. h. die Reizschwelle am Erfolgsorgan wird höher.

Veraguth führt dieses Niedrigerwerden der Amplituden allein auf periphere Ursachen zurück (2): „Die Variation der Reizkurven bei schnell wiederholten Sinnesreizen ist eine Funktion der jüngsten elektrischen Vergangenheit der Applikationsstellen". Er benutzte 2 Stromkreise, von denen der eine durch beide Hände, der andere durch beide Füße ging. Den zweiten Stromkreis schaltete er erst ein, nachdem mit dem ersten keine Reaktion mehr ausgelöst wurde. Das Ergebnis war, daß die Reize im zweiten Stromkreis als neue Reize wirkten, so daß also erneut Ausschläge auftraten. Deshalb kam er zu obigem Schluß. — Wir werden aber im II. Teil dieser Arbeit versuchen, an Hand von Experimenten zu zeigen, daß auch die oben angeführte (theoretische) zentrale Komponente zum mindesten nicht nur theoretisch ist.

Die Latenzzeiten weisen keine großen Differenzen auf. Wir hätten etwa erwartet, daß sie im selben Maße zunehmen würden, wie die Amplituden abnehmen. Diese Erwartung traf aber nicht zu.

Bemerkenswert ist noch die Höhe der Amplitude nach Reiz 22. Mitten hinein in die fortwährenden Klingelzeichen kam plötzlich ein Hupensignal, das zu diesem relativ großen Ausschlag führte. Diese kleine Beobachtung würde an sich schon für die oben aufgestellte Theorie bezüglich der Lokalisation der Amplitudenvariation sprechen.

Bei den folgenden Assoziationsversuchen wurden der V.-P. Worte zugerufen, auf die sie immer mit dem ihr zunächst einfallenden Wort zu antworten hatte (Veraguth, Binswanger).

Versuch III.: V.-P.: D, Student.

Reizwort — Antwort	Latenzzeit	Amplitude
1. Essen — Hunger	3″	82 mm
3. Leni — Frau	4″	38 „
2. Theater — Augen	3″	40 „
4. Else — Mädchen	0″?	11 „
5. Examen — S.....	3″	32 „

Ob der große Ausschlag nach Reiz 1. allein auf den Effektinhalt des Reizwortes zurückzuführen ist, können wir nicht mit Sicherheit sagen. Es wäre, da wir auch bei andern Versuchen nach dem 1. Reiz häufig einen im Verhältnis zu den andern sehr großen Ausschlag bekamen, an eine kumulative Wirkung von Erwartung und der eigentlichen Reizwirkung zu denken. Noch wahrscheinlicher wird dies bei Kurven, die nicht, wie hier, sofort wieder absinken, sondern längere Zeit ihre Höhe beibehalten (vgl. Erwartungskurven; Tarchanoff). Solche sind uns oft begegnet. Auf die Bedeutung einer mehrgipfligen Kurve, wie

wir sie nach dem 6. Reizwort finden, haben wir oben schon hingewiesen.

Versuch IV.: V.-P.: P, junge Ärztin (aus der Frauenklinik).

Reizwort — Antwort	Latenzzeit	Amplitude
1. Frauenklinik — Jantzen	2″	68 mm
2. Eymer — Rech	2″	71 „
3. Doktorarbeit — Gehirnabszeß	2″	56 „
4. Fußboden — Linoleum	2″	52 „
5. Putzfrau — Handtuch	3″	84 „
6. Gehen Sie gerne ins Kino — ja	2″	28 „
7. Anscheinend doch nicht —*	2″	14 „

* Daran anschließend folgte eine längere Unterhaltung, die sich in der Kurve als mehrgipflige Erhebung zeigt. Auffallend an dieser Kurve ist die große Ähnlichkeit der einzelnen Erhebungen untereinander, sowie der relativ rasche Abfall. Der sehr große Ausschlag bei 5. bedarf einer besonderen Erwähnung. Die V.-P. dachte bei diesem Reizwort, im Gegensatz zu den andern, sehr lange nach, bis sie eine Antwort gab. Darauf ist wohl der große Ausschlag zurückzuführen. Die Latenzzeit ist so wenig verlängert, daß wir sagen können, daß der zeitliche Eintritt der Antwort auf eine Frage als Reiz keinen erkennbaren Zusammenhang mit der Latenzzeit zeigt. Dies von der Kurve überhaupt zu sagen — wie es Knaur tut — sind wir nicht berechtigt.

II. Teil.

a) Reizkurven bei verminderter Schweißsekretion.

Daß das Erfolgsorgan des p.g.R. in die Haut, und zwar in die Haut der palma manus und planta pedis zu lokalisieren ist, wurde oben schon dargelegt. Von verschiedenen Autoren werden nun genauer die Schweißdrüsen als solches angesprochen. Während Féré und Sommer die Schweißsekretion nur im Sinne einer Veränderung der Leitfähigkeit der Haut deuten, führte schon Tarchanoff und später Veraguth das p.g.R.ph. auf Sekretionsströme der Schweißdrüsen zurück. Die Sommersche Theorie betr. der Veränderung der Leitfähigkeit der Haut durch das Drüsensekret ist zum mindesten sehr unwahrscheinlich, da man sich nicht gut vorstellen kann, daß das rasche Ansteigen und oft wieder relativ rasche Abfallen der Kurve, wie es sich bei der Mehrzahl unserer Versuche ergab, auf eine Füllung und darauffolgende Entleerung des Drüsenlumens zurückzuführen ist. Dies würde die Kurve nicht so rasch, wie das geschieht, wieder absinken lassen. Tarchanoff hält außer der Erklärung des Phänomens durch Sekretionsströme die Erklärung durch Aktionsströme von glatten Muskelfasern der Cutis für möglich. Veraguth glaubte, durch seine Versuche diese Theorie zu stützen. Er schaltete durch lokale Behandlung der Handflächen mit Formalin oder Belladonnapflaster die Schweißsekretion aus. Die Galvanometerausschläge waren darnach stark reduziert, so daß er zu dem Schluß kam, daß die Drüsentätigkeit — wenn auch nicht das Phänomen vollkommen erklären, so doch — eine wesentliche Komponente zum Phänomen darstelle. Daß es sich dabei um Aktionsströme von glatten Muskelfasern, die in den Drüsenwandungen liegen, handeln soll, ist darnach nicht möglich; denn auch an gelähmten Muskeln sind Aktionsströme nachweisbar.

Bei all diesen Überlegungen dürfen wir eines nicht vergessen: Das Phänomen ist an die Haut der vola manus und planta pedis gebunden (s. o.). Schweißdrüsen finden wir aber auch an andern Hautstellen, wenn auch nicht in so reichem Maße. Immerhin müßte das Phänomen z. B. an der Axilla auch auslösbar sein, was nach Veraguth nicht zutrifft. So ist es erklärlich, daß man eine Analogie der palma manus und planta pedis mit den elektrischen Organen mancher Fische (Torpedo, Gymnotus, Malepterurus) suchte, die z. Tl. muskulären, z. Tl. drüsenartigen Bau zeigen.

Wir kommen nun zum eigentlichen Zweck dieses Abschnittes, zur Nachprüfung der Veraguthschen Versuche. Wir suchten zuerst durch innerliche Verabreichung schweißhemmender Mittel, wie Atropin und Agaricin, die Schweißsekretion herabzusetzen. Diese Versuche haben (wahrscheinlich wegen der unsicheren Wirkung

dieser Mittel) zu keinem positiven Ergebnis geführt und sollen deshalb keine weitere Erwähnung finden. Dann versuchten wir bei einer Reihe von V.-P. durch Lokalbehandlung mit Formalin die Schweißsekretion auszuschalten, um solche Versuche anzustellen, wie sie im ersten Teil beschrieben wurden. Von allen sei hier nur ein Versuch angeführt, da die andern alle im selben Sinn ausgefallen sind.

Versuch V.: V.-P.: T, Student. Der Versuch wurde in drei Phasen durchgeführt: a) ein Kontrollversuch ohne jegliche Medikation, b) der Hauptversuch nach wiederholtem Einreiben von Formalin, c) ein zweiter Kontrollversuch an den unbehandelten Fußsohlen.

a) Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	4″	53 mm
2. Hupe	4″	53 „
3. Klingel	4″	45 „

Reiz 1) und 3) haben normale Reaktion zur Folge, wie es öfter beschrieben wurde. Nach Reiz 2) (Hupe) wird die Kurve sehr unruhig, zeigt mehrere Gipfel, die darauf zurückzuführen sind, daß das Hupensignal auf die V.-P. einen besonderen Eindruck machte.

b) Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	3″	16 mm
2. Hupe	4″	11 „
3. Klingel	5″	2 „
4. Klingel	—	2 „
5. Hupe	13″?	3 „

Die Amplituden sind im Vergleich zum vorausgegangenen Kontrollversuch sehr reduziert.

c) Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	7″	11 mm
2. Klingel	2″	16 „
3. Hupe	6″	1 „
4. Klingel	—	—
5. „	—	—
6. „	—	—

Wir sehen hier gleich die Bedeutung eines zweiten Kontrollversuches im Anschluß an den Hauptversuch. Hätten wir uns mit dem Versuch a) und b) begnügt, so wären wir zu dem Schluß gekommen, daß der Rückgang der Amplituden bei b) auf das Konto der Formalinwirkung zu setzen sei. Versuch c) lehrt uns aber, daß wir dazu keinesfalls berechtigt sind, denn sonst hätte der Versuch an den normalen Fußsohlen eine Kurve mit auch nur annähernd so großen Amplituden ergeben müssen, wie wir sie bei Versuch a) bekommen haben. Es handelt sich also bei den Versuchen a), b) und c) zweifellos um eine zunehmende „Abstumpfung“ der V.-P. gegenüber dem Reiz, d. h. um eine Erhöhung der Reizschwelle, und zwar im Großhirn.

Hätte Veraguth recht mit seiner Behauptung, daß die Abnahme der Amplituden bei wiederholten gleichen Sinnesreizen lediglich „eine Funktion der jüngsten elektrischen Vergangenheit der Applikationsstellen“ sei, dann müßte Versuch c) ein ähnliches Bild ergeben wie Versuch a), denn die Haut der Fußsohlen war ja überhaupt noch nicht „vorbelastet“.

Aus diesem Versuch (und unseren sämtlichen Versuchen, die in dieser Hinsicht immer wieder ähnliche Resultate lieferten) sollen zweierlei Folgerungen gezogen werden: 1. Die Abnahme der Amplituden bei öfters wiederholten Sinnesreizen ist überwiegend auf Konto einer Erhöhung der Reizschwelle im Großhirn zu setzen (vgl. Abschn. IIb). Diese Erkenntnis führt zu der weiteren Folgerung: 2. Über den Grad der Beteiligung der Schweißdrüsen bei Zustandekommen des p.g.R. läßt sich nach diesem Versuch kein sicheres Urteil abgeben.

Man könnte fragen, ob bei gleichzeitiger Aufzeichnung der Reaktion an Händen und Füßen mittels zweier Stromkreise bei einer „neuen“ V.-P. sich überhaupt dieselben Kurven ergeben müssen. Es soll hier nicht näher auf diese Frage eingegangen werden, aber damit wären die Versuchsergebnisse auf die Veraguth seine Behauptung stützt, mit in Frage gestellt.

Wir versuchten das Hindernis der Erhöhung der Reizschwelle zu umgehen, indem wir den Kontrollversuch einen oder einige Tage vor oder nach dem Hauptversuch machten. Aber auch dies konnte zu keinem befriedigenden Ergebnis führen, denn einmal ist die Größe der galvanischen Reaktion bei ein und derselben V.-P. von so vielen äußeren und inneren Faktoren abhängig, daß es nicht erlaubt ist, durch zahlenmäßiges Vergleichen von Versuchsergebnissen, die zu verschiedenen Tageszeiten oder verschiedenen Tagen gewonnen wurden, bindende Schlüsse zu ziehen, zum andern stellten wir fest, daß die einmal erhöhte Reizschwelle sogar im Verlauf von Tagen nicht mehr auf ihr anfängliches Niveau zurückkehrte. Durch diesen Mangel waren wir dazu gezwungen, unsere Versuche immer mit möglichst „neuen“ V.-P. anzustellen.

Schließlich sei noch betont, daß Versuche, die zu zahlenmäßigen Vergleichen dienen sollten, immer mit denselben Reizen durchgeführt werden mußten, da sich z. B. e i n Assoziationsversuch niemals mit einem andern vergleichen läßt.

Wenn auch am Schluß dieses Abschnittes nicht das erwartete Ergebnis des Formolversuches steht, so läßt sich durch Vergleichen der Versuche a), b) und c) doch wenigstens soviel sagen, daß die Schweißdrüsenfunktion zum Zustandekommen des p.g.R. beiträgt.

b) Reizkurven bei medikamentöser Beeinflussung des Großhirns.

Nach den Erwägungen im vorigen Abschnitt dürfen wir auch an diese Versuche nicht mit allzu hochgestellten Erwartungen herangehen. Tarchanoff ist es wieder, der gezeigt hat, daß bei psychischer und geistiger Ermüdung gar keine oder nur eine sehr geringe Reaktion auftritt. Um dies näher zu untersuchen, führten wir eine künstliche Ermüdung herbei durch Verabreichung von Schlafmitteln (wir beschränkten uns auf Luminal und Evipan).

Versuch VI.: V.-P.: Da, junges Mädchen.

a) Kontrollversuch:

Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	1″	50 mm
2. Hupe	3″	26 „
3. Klingel	4″	13 „
4. Klingel	3″	20 „

b) Hauptversuch nach 0,2 Luminal: Die V.-P. war sehr müde geworden, schlief aber nicht ein.

Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	4″	22 mm
2. „	—	—
3. „	5″	3 „
4. „	—	—
5. „	—	—

Bei Versuch b) führte nur das 1. Klingelzeichen zu einer deutlichen Reaktion, während die übrigen fast reaktionslos blieben. Wir dürfen auch hier das Verhalten der Kurve b) nicht ohne weiteres der Wirkung des Luminals zuschreiben. Wir versuchten deshalb anschließend, mit andern Reizen eine Reaktion auszulösen, und machten mit geeigneten Reizworten einen Assoziationsversuch c). Es ist anzunehmen, daß unter den 7 Reizworten mindestens eines war, das die Aktualität oder Gefühlsbetonung des Klingelsignals, gegen das die V.-P. zum selben Zeitpunkt auch ohne Luminal schon etwas abgestumpft gewesen wäre, übertroffen hat. Trotzdem blieb Versuch c) fast völlig reaktionslos. Bei einer oberflächlich assoziierenden V.-P. könnten wir aus Versuch c) keine Folgerungen ziehen, da bei solchen auch in völlig wachem Zustand keine Reaktion auftritt. Da wir aber am Tage zuvor mit etwa gleichwertigen Reizworten einen Assoziationsversuch durchgeführt hatten und Reaktionen etwa von der Größe derer in Kurve a) aufgetreten sind, glauben wir zu dem

Schluß berechtigt zu sein, daß durch die Wirkung des Luminals die Reizschwelle an der Umschaltstelle des Reflexes derart erhöht wurde, daß fast kein Reiz mehr durchdringen konnte.

In weiteren Versuchen benutzten wir statt des Luminals Evipan in Form von Tabletten, da die Wirkung desselben rascher eintritt.

Versuch VII.: V.-P.: He, junges Mädchen.

a) Kontrollversuch (einige Tage nach dem Hauptversuch):

	Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1.	Klingel	4″	31 mm
2.	„	4″	16 „
3.	„	4″	25 „

b) Hauptversuch nach 0,5 Evipan:

	Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1.	Klingel	3″	24 mm
2.	„	5″	0
3.	„	3″	0
4.	„	7″	0
5.	„	2″	0
6.	„	11″	0
7.	„	3″	0
8.	„	2″	0

Nach normalen Reaktionen in Versuch a) zeigt Kurve b) einen eigenartigen Verlauf, der uns bisher noch nicht begegnet ist, der aber bei der Mehrzahl der Versuche mit Evipan bei verschiedenen V.-P. auftrat, so daß wir annehmen müssen, daß es sich nicht um ein Zufallsergebnis handelt. Wie Versuch VI b), zeigt auch Versuch VII b) auf das 1. Klingelzeichen eine normale Reaktion. Dann aber sinkt die Kurve lange Zeit (in der Zeichnung ist nur der Anfang wiedergegeben) sehr stark ab. Durch wiederholte Klingelzeichen ist die Kurve in ihrem Abstürzen jeweils nur für einige Sekunden gleichsam aufzuhalten, so daß die Latenzzeit noch gemessen werden kann. — Diese Kurve ist nur wegen ihres eigenartigen Verlaufs in diese Arbeit aufgenommen.

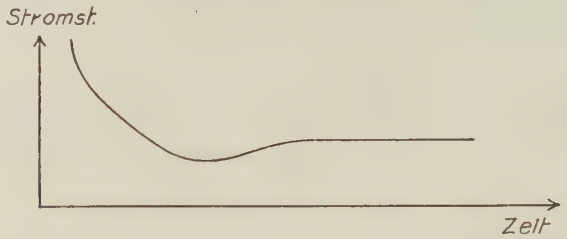
Versuch VIII.: V.-P.: P.

a) Kontrollversuch (ist im I. Teil schon angeführt und soll hier nur zum Vergleich nocheinmal aufgezeigt werden).

b) Hauptversuch nach 0,5 Evipan: völlige Reaktionslosigkeit, langsam absinkender Verlauf.

c) Nachversuch nach 0,2 Coffein (in Form starken Kaffees): Durch diesen Versuch wollten wir feststellen, ob durch das Coffein die Wirkung des Evipans aufgehoben wird.

Hier darf beiläufig die Aufzeichnung einer Ruhekurve erwähnt werden, die dem Versuch vorausgeschickt wurde, und einen von den andern Ruhekurven etwas abweichenden Verlauf zeigt:



Nach anfänglich steilem, dann langsameren Abfallen steigt die Kurve wieder etwas an, um dann auf gleicher Höhe zu bleiben. H. Mueller beobachtete dieses Verhalten der Ruhekurven bei übernervösen V.-P. Es ist leicht verständlich, daß durch Coffeingenuß ähnliche Versuchsbedingungen wie bei nervösen Menschen geschaffen werden. Weiter soll darauf hier nicht eingegangen werden.

Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	4″	28 mm
2. Hupe	2″	13 „
3. Klingel	—	—
4. „	2″	14 „
5. „	—	—

An dieser Kurve interessiert der durchweg geschlängelte Verlauf fast mehr als die Reaktion auf die Reize. Größeren Gegensätzen als zwischen dem absoluten geradlinigen Verlauf der Kurve b) und dem stetigen Auf und Ab der Kurve c) sind wir bisher noch nirgends begegnet. Die Unruhe der Coffeinkurve müssen wir auf dauernd gesteigerte assoziative Vorgänge zurückführen, umgekehrt die absolute Ruhe der Evipankurve auf eine starke Herabsetzung der Erregbarkeit im Großhirn. Da in Kurve c) die Reaktionsausschläge in keinem Verhältnis stehen zu der übrigen Bewegung, können wir daraus schließen: 1. daß die V.-P. bei Versuch c) noch unter der Wirkung des Evipans stand, 2. daß die beiden Medikamente sich in ihrer Wirkung nicht ganz aufheben, daß also ihre Angriffspunkte verschiedene sind.

Dasselbe zeigt uns ein weiterer Versuch der in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt wurde:

Versuch IX.: V.-P.: K, Student.

a) Kontrollversuch: Aus schon erwähnten Gründen wurde dieser erst 2 Tage nach dem Haupt- und Nachversuch ausgeführt. Der

Fehler, der dabei begangen wird, kann in diesem Fall, wo es uns nur auf grobe Vergleiche ankommt, vernächlässigt werden.

Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Klingel	3″	85 mm
2. Hupe	3″	38 „
3. Klingel	3″	120 „

Der treppenförmige Anstieg bei Reiz 1. und 3. und das relativ späte und langsame Zurückkehren könnte nach Veraguth vielleicht als Resultante aus Erwartung und Reaktion aufgefaßt werden.

b) Hauptversuch nach 0,2 Coffein (in Form starken Kaffees): Die Kurve als Ganzes ist noch viel unruhiger als Kurve VIII c). Während dort die assoziativen Vorgänge durch das Coffein gesteigert, aber durch die gleichzeitige Wirkung des Evipans noch etwas gehemmt waren, zeigt sich hier die reine Coffeinwirkung. Nach Aufzeichnung einer langen „Ruhekurve“ wurde ein Klingelreiz gesetzt, worauf der Lichtzeiger nach einer Latenzzeit von kaum 1 Sekunde blitzartig aus dem Gesichtsfeld verschwand, um auch nach langem Warten nicht wiederzukehren. Nach dem Zeigerstand am Galvanometer konnte die Größe des Ausschlages auf etwa 250 mm berechnet werden.

c) Nachversuch nach 0,5 Evipan (etwa ½ Stunde später):

Reiz	Latenzzeit	Amplitude
1. Hupe	1″	134 mm
2. Klingel	1″	172 „
3. „	2″	141 „

Die Kurve als Ganzes ist schon wesentlich ruhiger als Kurve b). Nicht so sehr den Rückgang der Amplituden gegenüber Versuch b), als vielmehr das fast völlige Verschwinden der Schlängelung dürfen wir auf die Wirkung des Evipans zurückführen. Die Amplituden sind noch sehr groß und bleiben im Verlauf des Versuchs annähernd gleich, während wir bei reiner Evipanwirkung sehr rasch eine starke Herabsetzung der Erregbarkeit beobachteten (VIII b). Auffallend ist in Versuch b) und c) die im umgekehrten Verhältnis zu den Amplituden stehende, also durchschnittlich sehr kurze Latenzzeit. Wir haben es bisher unterlassen, aus der Dauer der Latenzzeit irgendwelche Folgerungen zu ziehen. Hier können wir die kurze Latenzzeit wohl auf den rascheren Ablauf der assoziativen Vorgänge durch die Wirkung des Coffeins zurückführen.

Schluß.

Nach den Erfahrungen, die wir in Abschnitt II b) gesammelt haben, darf gesagt werden, daß wir im p.g.R. eine neue Methode gefunden haben, um einzelne pharmokologische Präparate in ihrer Wirkungsdauer und Wirkungsweise auf das Großhirn objektiv zu beurteilen. Freilich bedarf es noch weiterer Versuche und einer technischen Vervollkommnung der Apparatur, bis wir daran denken können, diese Methode praktisch zu verwerten.

Am Schluß meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Privatdozent Oberarzt Dr. Reuter für die Anregung zu dieser Studie, für die Überlassung der nötigen Apparate und die Zuweisung der Versuchspersonen, sowie für die Übernahme des Referats und die Durchsicht der Arbeit ergebenst zu danken.

Literatur.

Bayliß: Biochemische Zeitschrift Bd. XI. (1909).

Bernstein und Leßer: Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie (1907).

Binswanger: Journal für Psychologie und Neurologie Bd. X. (1908).

Essen: Zeitschrift für Nervenheilkunde Bd. 138. (1935).

Fürstenau: Zentralblatt für Physiologie Bd. XX.

Knauer: Klinik für psychische und nervöse Krankheiten. Bd. III. Heft 1. (1908).

Müller, E. K.: Physikalisch-medizinische Monatshefte (1904).

Müller, Hugo: Experimentelle Beiträge zur physikalischen Erklärung der Entstehung des psycho-galvanischen Phänomens. Zürich (1907).

Sahli: Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden Bd. III. S. 264 ff.

Sommer: Beiträge zur psychiatrischen Klinik Bd. I.

Sommer: Zentralblatt für Nervenheilkunde Nr. 239 (1907).

Sommer: Münchner medizinische Wochenschrift Nr. 51. (1905).

Sommer und Fürstenau: Klinik für psychiatrische und nervöse Krankh. Bd. I. H. 3. (1906).

Sommer und Fürstenau: Deutsche medizinische Wochenschrift Nr. 36. (1906).

Tarchanoff: Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie Bd. 46. (1890).

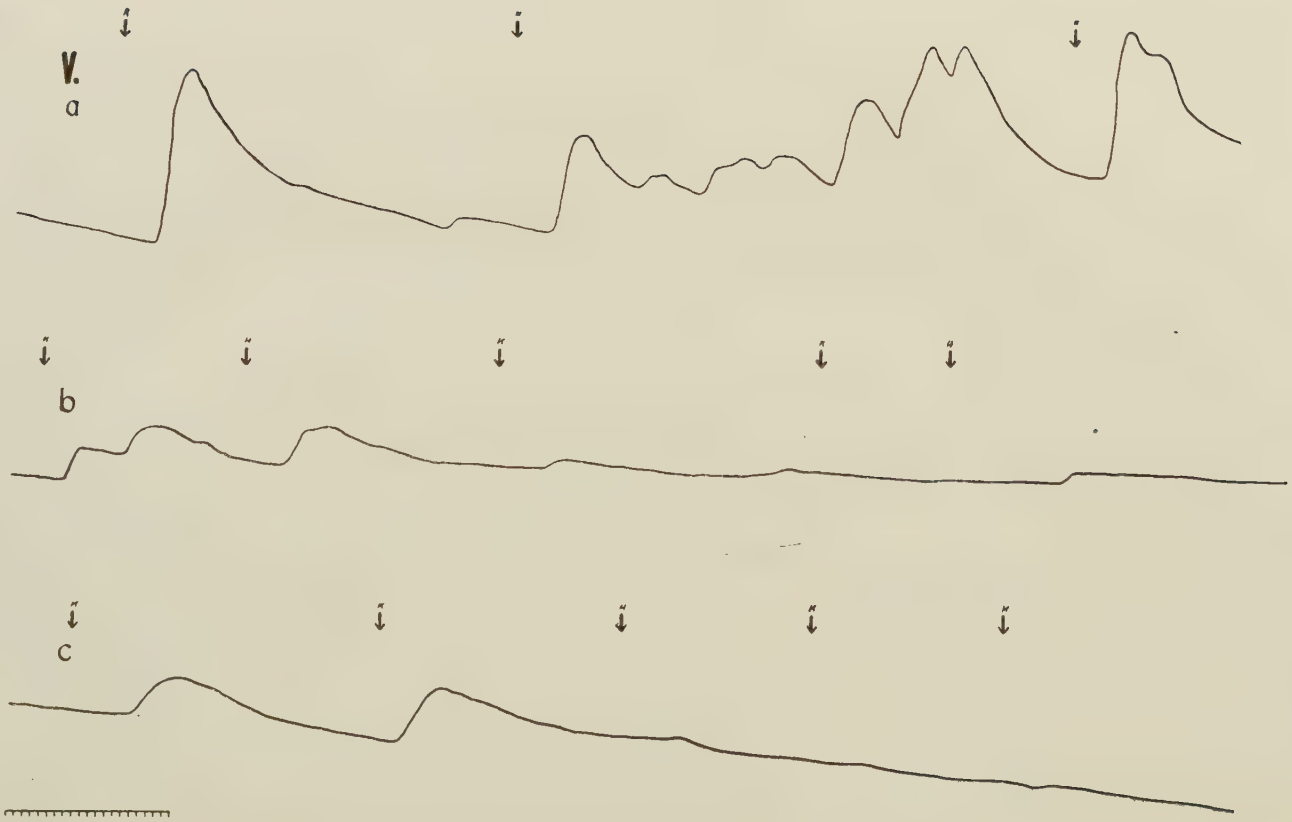
Veraguth: Das psychogalvanische Reflexphänomen. Berlin 1909.

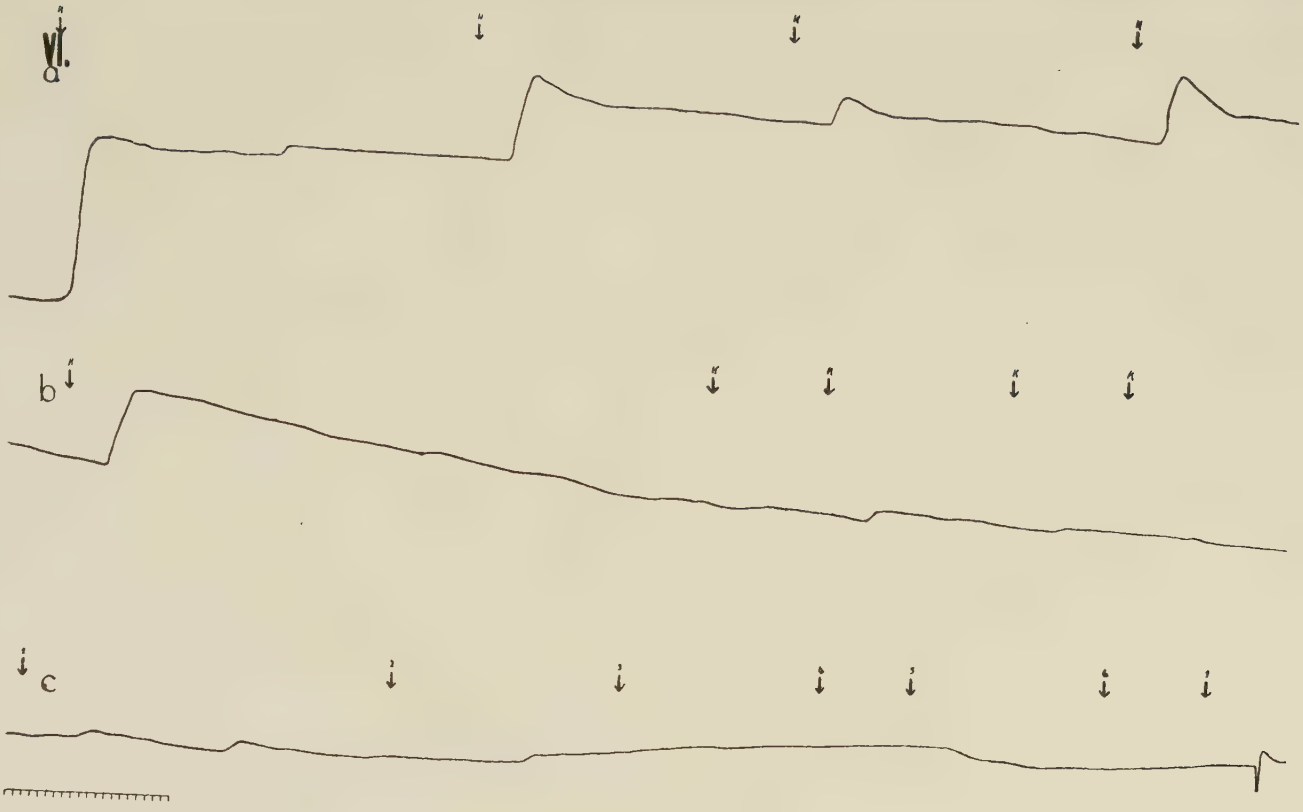
Veraguth: Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie Bd. XXII. Heft 5. (1907).

Veraguth und Cloetta: Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde Bd. 32.

I.
II.

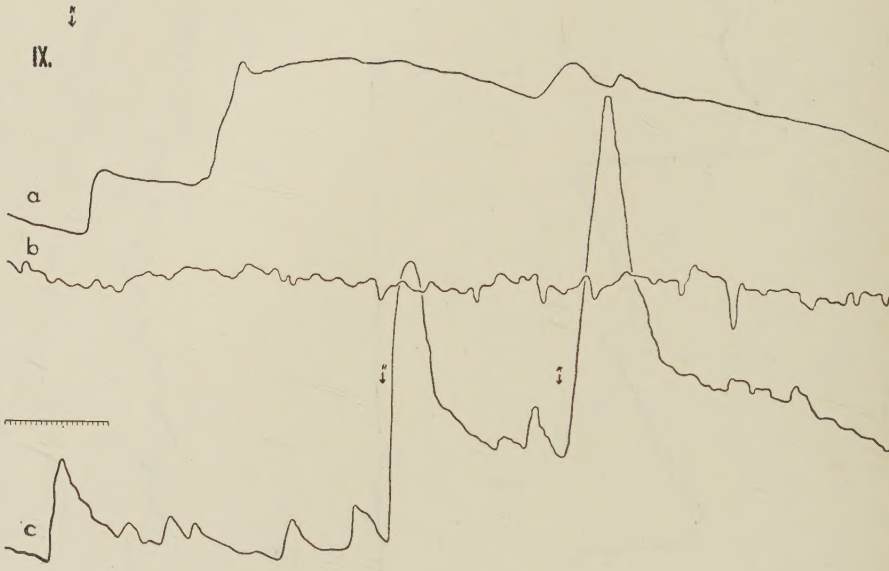
III.
IV.


V.
a
b
c


VI.
a
b
c

VII.
a
b

VIII.
a
b
c


IX.
a
b
c

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit wurde geboren am 3. August 1912 in Stuttgart als Sohn des Albert Heyd, Oberbaurat i. R. in Korntal. Nach Absolvierung des Realgymnasiums in Ulm a. D. bzw. schwäb. Hall und Bad Cannstatt) im Jahre 1931 studierte er zunächst ein Semester an der Akademie für bildende Künste in Stuttgart, um sich sodann im Herbst 1931 dem Studium der Medizin an den Universität Tübingen, Greifswald, Königsberg und München zu widmen. Die medizinische Vorprüfung legte er in Greifswald ab, die medizinische Staatsprüfung an der Universität München am 9. Juli 1937.